

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 01 775.5

Anmeldetag: 18. Januar 2003

Anmelder/Inhaber: Hentze-Lissotschenko Patentverwaltungs
GmbH & Co KG, 25870 Norderfriedrichskoog/DE

Bezeichnung: Erfassungsvorrichtung für die optische Erfassung
eines Objektes, Verfahren zum Betrieb einer der-
artigen Erfassungsvorrichtung sowie Scannvor-
richtung und konfokales Mikroskop

IPC: G 02 B 26/10

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 22. Januar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trademark Office.

Klostermeyer

Dipl.-Chem. E.L. FRITZ
Dr. Dipl.-Phys. R. BASFELD
Dipl.-Ing. J. GRAEFE
Patentanwälte
M. HOFFMANN
B. HEIN
Rechtsanwälte
Ostentor 9
59757 Arnsberg

PT 02/292
30.12.2002/BA/SE/RH

Hentze-Lissotschenko
Patentverwaltungs GmbH & Co. KG
Diekstraat 15

25870 Norderfriedrichskoog

=====
"Erfassungsvorrichtung für die optische Erfassung eines
Objektes, Verfahren zum Betrieb einer derartigen
Erfassungsvorrichtung sowie Scannvorrichtung und konfokales
Mikroskop"
=====

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Erfassungsvorrichtung für die optische Erfassung eines Objektes umfassend Erfassungsmittel, die das von dem Objekt ausgehende Licht erfassen können, sowie mindestens eine Abbildungseinheit umfassend erste Linsenmittel mit einer Mehrzahl in Form eines Arrays angeordneten Linsenelementen, durch die von dem Objekt ausgehendes Licht hindurchtreten kann, und zweite Linsenmittel, die zwischen den ersten Linsenmitteln und den Erfassungsmitteln angeordnet sind und das durch die Linsenelemente hindurchgetretene Licht den Erfassungsmitteln zuführen können. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betrieb einer derartigen Erfassungsvorrichtung. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung eine Scannvorrichtung sowie ein konfokales Mikroskop jeweils mit einer derartigen Erfassungsvorrichtung.

Eine Erfassungsvorrichtung, ein Verfahren, eine Scannvorrichtung sowie ein konfokales Mikroskop der vorgenannten Art sind aus der internationalen Patentanmeldung WO 97/34171 A2 bekannt. Die darin beschriebene Erfassungsvorrichtung weist objektseitig ein zweidimensionales Array von insbesondere sphärischen Linsen auf, die eine sehr große numerische Apertur besitzen. Das von den vergleichsweise kleinen Linsen des Arrays ausgehende Licht wird von einem aus mehreren hintereinander angeordneten Linsen, beispielsweise vier Linsen, bestehenden Abbildungssystem mit vergleichsweise kleiner Apertur und etwa in Ausbreitungsrichtung in der Mitte angeordneter zentraler Aperturblende auf die Erfassungsmittel abgebildet. Zwischen dem Abbildungssystem und den Erfassungsmitteln sind Strahlteilmittel angeordnet für die Einkopplung von Licht, mit dem das Objekt beleuchtet werden kann.

Als nachteilig bei einer derartigen Erfassungsvorrichtung erweist sich, dass zum einen aufgrund der Verwendung der sphärischen Linsen in dem Linsenarray die Lichtausbeute aufgrund von Zwickeln zwischen den einzelnen sphärischen Linsen vergleichsweise klein ist. Zum anderen ist das System vergleichsweise kompliziert aufgebaut mit fünf oder mehr Linsen hintereinander sowie einer zentralen Aperturblende und weiteren kleineren Aperturblenden hinter einer jeder der kleinen sphärischen Linsen. Durch diesen Aufbau wird die Erfassungsvorrichtung zum einen schwer justierbar und ist zum anderen nicht sehr effektiv.

Das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Problem ist die Schaffung einer Erfassungsvorrichtung der eingangs genannten Art, die einfach aufgebaut ist und effektiv arbeitet. Weiterhin ist ein Problem der vorliegenden Erfindung die Angabe eines Verfahrens zum Betrieb einer derartigen Erfassungsvorrichtung. Weiterhin liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zugrunde, eine Scannvorrichtung sowie ein konfokales Mikroskop mit einer derartigen Erfassungsvorrichtung zu schaffen.

Dies wird erfindungsgemäß hinsichtlich der Erfassungsvorrichtung durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 3, hinsichtlich des Verfahrens durch die Merkmale des Anspruchs 11, hinsichtlich der Scannvorrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 14 und hinsichtlich des konfokalen Mikroskops durch die Merkmale des Anspruchs 15 gelöst.

Gemäß Anspruch 1 ist vorgesehen, dass die zweiten Linsenmittel eine Mehrzahl in Form eines Arrays angeordnete Linsenelemente aufweisen. Durch die Verwendung sowohl eines Arrays von Linsenelementen in den zweiten Linsenmitteln als auch eines Arrays von Linsenelementen in den ersten Linsenmitteln wird die Möglichkeit eröffnet, die Erfassungsvorrichtung mehrkanalig zu betreiben. Dabei

kann insbesondere der Strahlengang durch einen jeden der optischen Kanäle vom Objekt bis zu den Erfassungsmitteln völlig unabhängig von den anderen Strahlengängen in anderen Kanälen sein. Das bedeutet, dass vorzugsweise die Abbildungen von verschiedenen Punkten auf der zu erfassenden Oberfläche des Objektes in keiner zu der optischen Achse senkrechten Ebene übereinander liegen. Die optische Achse kann hier beispielsweise eine im wesentlichen mittig angeordnete senkrechte Verbindungslinie zwischen den Erfassungsmitteln und dem Objekt sein.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann vorgesehen sein, dass das durch eines der Linsenelemente der ersten Linsenmittel hindurchgetretene Licht im wesentlichen durch genau eines der Linsenelemente der zweiten Linsenmittel hindurchtritt. Auf diese Weise wird eine mehrkanalige Erfassungsvorrichtung geschaffen, bei der sowohl das Array der ersten Linsenmittel als auch das Array der zweiten Linsenmittel in etwa die gleiche Anzahl von Linsenelementen aufweisen. Weiterhin tritt, wie bereits im vorgenannten erwähnt, kein Übersprechen zwischen den einzelnen Kanälen der Erfassungsvorrichtung auf.

Gemäß Anspruch 3 ist vorgesehen, dass die Linsenelemente der ersten und/oder der zweiten Linsenmittel zumindest abschnittsweise eine Zylindergeometrie oder eine zylinderähnliche Geometrie aufweisen. Durch eine derartige Zylindergeometrie kann die Auflösung der erfindungsgemäßen Erfassungsvorrichtung gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Erfassungsvorrichtungen verbessert werden. Insbesondere kann auch der Lichtdurchsatz durch die Linsenmittel durch die Wahl einer Zylindergeometrie oder einer zylinderähnlichen Geometrie erhöht werden. Weiterhin ergibt sich durch Zylinderlinsen oder zylinderähnliche Linsen ein besserer Kontrast.

Vorzugsweise werden die Linsenelemente der ersten und/oder der zweiten Linsenmittel jeweils durch mindestens zwei Zylinderlinsen oder zylinderähnlichen Linsen gebildet, wobei vorzugsweise die Zylinderachsen dieser Zylinderlinsen oder zylinderähnlichen Linsen einen Winkel von 90° miteinander einschließen. Durch diese zueinander gekreuzten Zylinderlinsen können einzelne Punkte des Objektes problemlos auf die Erfassungsmittel abgebildet werden.

Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass die Erfassungsvorrichtung weiterhin Scannmittel umfasst, mittels denen die mindestens eine Abbildungseinheit gegenüber dem Objekt und/oder den Erfassungsmitteln in zumindest einer Scannrichtung verschiebbar ist. Durch derartige Scannmittel eignet sich die Erfassungsvorrichtung als Scannvorrichtung und als konfokales Rastermikroskop.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung schließt die Richtung, in der die Linsenelemente der ersten und/oder der zweiten Linsenmittel in einem Array nebeneinander angeordnet sind, einen Winkel ungleich 0° und/oder 90° mit der mindestens einen Scannrichtung ein. Durch den Winkel ungleich 0° und/oder 90° zwischen Scannrichtung und Anordnungsrichtung der Linsenelemente in dem Array wird erreicht, dass zueinander benachbarte Linsenelemente Scannlinien auf dem Objekt abfahren, die einen vergleichsweise geringen Abstand zueinander aufweisen. Dadurch wird eine hoch auflösende rasterartige Erfassung der zu untersuchenden Fläche des Objektes ermöglicht. Anstelle dieser Verkippung der Linsenmittel gegenüber der Scannrichtung können auch die Linsenelemente in den Linsenmitteln zueinander versetzt angeordnet sein, um gering zueinander beabstandete Scannlinien auf dem Objekt durch benachbarte Linsenelemente zu ermöglichen.

Es besteht erfindungsgemäß die Möglichkeit, dass die Erfassungsvorrichtung mindestens eine erste Abbildungseinheit und mindestens eine zweite Abbildungseinheit umfasst. Diese können beispielsweise in Scannrichtung hintereinander angeordnet sein, so dass zuerst die erste Abbildungseinheit das Objekt auf die Erfassungsmittel abbildet und daran anschließend die zweite Abbildungseinheit das Objekt auf die Erfassungsmittel abbildet.

Erfindungsgemäß besteht die Möglichkeit, dass die mindestens eine erste Abbildungseinheit ein Auflösungsvermögen aufweist, das unterschiedlich zu dem Auflösungsvermögen der mindestens einen zweiten Abbildungseinheit ist. Dabei lässt sich vorzugsweise durch nacheinander Durchführen der Abbildungen mit diesen zwei Abbildungseinheiten, die unterschiedliche Auflösungsvermögen aufweisen, im Nachhinein beispielsweise nach Auslesung aus den Erfassungsmitteln im Computer ein hoch aufgelöstes Bild des Objektes zusammensetzen.

Hierbei kann vorgesehen sein, dass die mindestens eine erste Abbildungseinheit in einer ersten Richtung ein höheres Auflösungsvermögen aufweist, als in einer dazu senkrechten zweiten Richtung, wohingegen die mindestens eine zweite Abbildungseinheit in der zweiten Richtung ein höheres Auflösungsvermögen aufweist, als in der dazu senkrechten ersten Richtung. Es besteht somit die Möglichkeit, mit der ersten Abbildungseinheit eine hoch auflösende Abbildung in einer ersten Richtung und mit der zweiten Abbildungseinheit eine hoch auflösende Abbildung in der dazu senkrechten zweiten Richtung durchzuführen. Die Abbildungseinheiten können dabei speziell für die hoch auflösende Abbildung in einer Richtung und die schlechtere Abbildung in der dazu senkrechten Richtung ausgebildet werden. Dies lässt sich insbesondere bei zueinander gekreuzten Zylinderlinsen innerhalb der ersten und zweiten Linsenmittel vergleichsweise einfach realisieren.

Insgesamt kann durch ein derartiges gestaffeltes Erfassen mit zwei Abbildungseinheiten, die in zueinander senkrechten Richtungen hoch auflösend sind, ein wesentlich hoch auflösenderes Abbild erfasst werden als dies mit Erfassungsvorrichtungen aus dem Stand der Technik möglich ist.

Weiterhin besteht erfindungsgemäß die Möglichkeit, dass das Auflösungsvermögen der mindestens einen Abbildungseinheit variierbar ist, insbesondere in zwei zueinander senkrechten Richtungen unterschiedlich variierbar ist. Hierbei besteht beispielsweise die Möglichkeit, dass Lochmasken mit unterschiedlichen Öffnungsgrößen vor den Linsenarrays der ersten und/oder der zweiten Abbildungseinheit positioniert werden. Unter Umständen können auch Blenden verwendet werden, die auf und zu gefahren werden können.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht die Möglichkeit, dass zumindest einige der Linsenelemente der ersten und/oder der zweiten Linsenmittel aus mindestens zwei Teilen bestehen. Mittels derartiger geteilter Linsenelemente können insbesondere stereoskopische Abbildungen einzelner Punkte des Objektes erfasst werden.

Hierbei können die aus mindestens zwei Teilen bestehenden Linsenelemente das von einem Punkt des Objektes ausgehende, auf sie auftreffende Licht derart in zwei Teilstrahlen aufteilen, dass die Auftreffpunkte dieser Teilstrahlen auf den Erfassungsmitteln Aufschluss über die Lage des Punktes in einer zu der Oberfläche des Objektes senkrechten Richtung geben können. Zusätzlich zu den bereits durch das insbesondere zweidimensionale Array zur Verfügung gestellten zweidimensionalen Bildinformationen können durch die geteilten Linsenelemente somit auch Informationen über die dritte Dimension gewonnen werden, so dass insbesondere ein

dreidimensionales Abbild der zu untersuchenden Bereiche des Objektes gewonnen werden kann.

Alternativ oder zusätzlich dazu besteht die Möglichkeit, dass die Scannmittel derart gestaltet sind, dass in einer ersten Scannposition das von einem Punkt des Objektes ausgehende Licht auf einem ersten Auftreffpunkt auf den Erfassungsmitteln auftrifft und dass in einer zweiten Scannposition das von dem gleichen Punkt des Objektes ausgehende Licht auf einem zweiten von dem ersten beabstandeten Auftreffpunkt auf den Erfassungsmitteln auftritt, wobei die Auftreffpunkte Aufschluss über die Lage des Punktes in einer zu der Oberfläche des Objektes senkrechten Richtung geben können. Dabei kann beispielsweise in den beiden vorgenannten Scannpositionen das von dem Punkt ausgehende Licht jeweils durch ein und dasselbe Linsenelement der ersten Linsenmittel und/oder ein und dasselbe Linsenelement der zweiten Linsenmittel hindurchtreten. Insbesondere könnten die Scannpositionen beispielsweise durch Scannschritte angesteuert werden, die einer halben Scanschrittweite entsprechen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betrieb einer Erfassungsvorrichtung sieht vor, dass in einem ersten Verfahrensschritt ein Objekt mit einer in der Scannrichtung gegenüber dem Objekt verschobenen ersten Abbildungseinheit auf die Erfassungsmittel abgebildet wird und dass in einem zweiten Verfahrensschritt das Objekt mit einer in der gleichen Scannrichtung gegenüber dem Objekt verschobenen zweiten Abbildungseinheit auf die Erfassungsmittel abgebildet wird. Wie bereits im vorgenannten erwähnt, kann durch derartiges zweimaliges oder mehrmaliges Erfassen mit unterschiedlichen Abbildungseinheiten ein hoch auflösendes Bild des Objektes in zwei zueinander senkrechten Richtungen gewonnen werden.

Erfindungsgemäß besteht die Möglichkeit, dass die Abbildungen mit der ersten Abbildungseinheit und mit der zweiten Abbildungseinheit mit unterschiedlichen Auflösungen durchgeführt werden. Die auf diese Weise erhaltenen Abbildungen können nach Auslesen der Erfassungsmittel beispielsweise im Computer zu einer hochauflösenden Abbildung miteinander kombiniert werden.

Insbesondere kann hierbei vorgesehen sein, dass die Abbildungen mit der ersten Abbildungseinheit und mit der zweiten Abbildungseinheit in zueinander senkrechten Richtungen mit unterschiedlichen Auflösungen durchgeführt werden, wobei durch die erste Abbildungseinheit eine höher auflösende Abbildung in einer ersten Richtung erzielt wird und mit der zweiten Abbildungseinheit eine höher auflösende Abbildung in der zweiten dazu senkrechten Richtung erzielt wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann vorgesehen sein, dass die mit den beiden Abbildungseinheiten nacheinander von den Erfassungsmitteln aufgenommenen Bildinformationen miteinander kombiniert werden, um ein hochaufgelöstes Bild des Objektes zu erhalten. Für den Fall, dass die Erfassungsmittel beispielsweise als CCD-Chips ausgeführt sind, werden die Bildinformationen als digitale Daten in einen Computer übertragen und können dort zu einem hochaufgelösten Bild des Objektes in zumindest zwei zueinander senkrechten Richtungen zusammengesetzt werden.

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden deutlich anhand der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Abbildungen. Darin zeigen

5

Fig. 1 eine schematische perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Erfassungsvorrichtung;

Fig. 2 schematisch den Strahlengang in einer Erfassungsvorrichtung gemäß Fig. 1;

Fig. 3 schematisch den Strahlengang in einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Erfassungsvorrichtung;

15

Fig. 4 schematisch den Strahlengang in einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Erfassungsvorrichtung;

20

Fig. 5a eine Draufsicht auf erste Linsenmittel der Erfassungsvorrichtung gemäß Fig. 1;

Fig. 5b eine perspektivische Ansicht der Linsenmittel gemäß Fig. 5a;

25

Fig. 6a ein Beispiel eines zu erfassenden Objektes;

Fig. 6b schematisch die Abbildung des Objektes auf die Erfassungsmittel mit einer ersten Abbildungseinheit;

30

Fig. 6c die Abbildung des Objektes auf die Erfassungsmittel mit einer zweiten Abbildungseinheit;

Fig. 6d die Zusammenfassung der Abbildungen gemäß Fig. 6b und Fig. 6c;

Fig. 6e eine sich aus Fig. 6d ergebende computerbearbeitete Abbildung des Objektes gemäß Fig. 6a.

Aus Fig. 1 ist ersichtlich, dass eine erfindungsgemäße Erfassungsvorrichtung Erfassungsmittel 1 umfasst, die beispielsweise als CCD-Chip oder dergleichen ausgeführt sein können. Die Erfassungsmittel 1 können über im weiteren noch näher zu beschreibende Abbildungseinheiten Licht von einem Objekt 2 erfassen. Bei dem Objekt 2 kann es sich beispielsweise um eine zu scannende Oberfläche, beispielsweise um die Oberfläche eines Wafers oder dergleichen handeln. Ein anderes mögliches mit der erfindungsgemäßen Erfassungsvorrichtung zu erfassendes Objekt kann beispielsweise eine Maske für lithografische Anwendungen sein.

Die in Fig. 1 abgebildete Erfassungsvorrichtung umfasst zwei Abbildungseinheiten 3, 4. Jede dieser Abbildungseinheiten 3, 4 umfasst erste Linsenmittel 5, 6 und zweite Linsenmittel 7, 8. Die ersten Linsenmittel der in Fig. 1 rechten ersten Abbildungseinheit 3 sind in dem in Fig. 1 abgebildeten Zustand benachbart zu dem Objekt 2 angeordnet, wohingegen die zweiten Linsenmittel 7 der ersten Abbildungseinheit 3 von den ersten Linsenmitteln 5 beabstandet in der Nähe der Erfassungsmittel 1 angeordnet sind.

Die ersten und zweiten Linsenmittel 5, 6, 7, 8 sind jeweils als zwei zueinander gekreuzte Arrays von Zylinderlinsen oder zylinderähnlichen Linsen ausgeführt, so dass in jedem der Linsenmittel, 5, 6, 7, 8 ein zweidimensionales Array von Linsenelementen gebildet wird. In dem in Fig. 1 abgebildeten Ausführungsbeispiel umfasst beispielsweise das erste Linsenmittel 5

der ersten Abbildungseinheit 3 zwei Substrate, wobei in jedem der Substrate ein Array von Zylinderlinsen ausgebildet ist und wobei die beiden Arrays zueinander senkrecht stehende Zylinderachsen aufweisen. Es besteht durchaus auch die Möglichkeit, die ersten und zweiten Linsenmittel 5, 6, 7, 8 jeweils nur aus einem Substrat bestehen zu lassen, wobei dann in diesem Substrat beispielsweise auf einander gegenüberliegenden Flächen die zueinander gekreuzten Arrays von Zylinderlinsen ausgebildet sind.

Die Abbildungseinheiten 3, 4 können weiterhin Spiegel 9, 10 umfassen, durch die beispielsweise von der Seite einfallende Laserstrahlbündel 11, 12 oder Strahlenbündel von Weißlicht oder dergleichen auf die ersten Linsenmittel 5, 6 und über diese auf das Objekt 2 reflektiert werden können. Bei den Spiegeln 9, 10 kann es sich um teilweise reflektierende Spiegel handeln, durch die von dem Objekt 2 zurückreflektiertes Licht, das durch die Linsenelemente der ersten Linsenmittel 5, 6 hindurchgetreten ist, zu den zweiten Linsenmitteln 7, 8 und durch diese zu den Erfassungsmitteln 1 hindurchtreten kann. Mit dem Pfeil 13 ist die Scannrichtung bezeichnet, das heißt die Richtung, in der die Abbildungseinheiten 3, 4 gegenüber dem Objekt 2 und den Erfassungsmitteln 1 verfahren werden können, um größere Teile der Oberfläche des Objektes 2 zu erfassen. Die Abbildungseinheiten 3, 4 werden somit im wesentlichen nach rechts in Fig. 1 verfahren.

Die Spiegel 9, 10 sind in dem Fig. 1 abgebildeten Ausführungsbeispiel zwischen den ersten Linsenmitteln 5, 6 und den zweiten Linsenmitteln 7, 8 angeordnet. Es besteht jedoch erfindungsgemäß durchaus auch die Möglichkeit, die Spiegel 9, 10 zwischen den zweiten Linsenmitteln 7, 8 und den Erfassungsmitteln 1 anzuordnen.

Aus Fig. 5a und 5b ist das Verfahren der ersten Linsenmittel 5, 6 der Abbildungseinheiten 3, 4 noch einmal deutlich ersichtlich. In der Draufsicht gemäß Fig. 5a sind noch einmal die sich aus den zueinander gekreuzten Zylinderlinsen ergebenden Linsenelemente 14 deutlich dargestellt. Aus Fig. 5a ist ebenfalls deutlich ersichtlich, dass die ersten Linsenmittel 5, 6 gegenüber der Scannrichtung 13 leicht verdreht sind, so dass in X-Richtung (siehe das eingezeichnete kartesische Koordinatensystem) zueinander benachbarte Linsenelemente 14 in Y-Richtung gering zueinander beabstandete Scannlinien auf dem Objekt 2 abfahren. Durch dieses leichte Verkippen der Linsenmittel 5, 6 gegenüber der Scannrichtung 13 wird somit eine vergleichsweise hochauflösende rasterartige Erfassung der zu untersuchenden Fläche des Objektes 2 ermöglicht. Aus Fig. 1 ist ebenfalls ersichtlich, dass auch die zweiten Linsenmittel 7, 8 im wesentlichen genau wie die ersten Linsenmittel 5, 6 leicht gegen die Scannrichtung 13 in der XY-Ebene verdreht sind.

In Fig. 2, in Fig. 3 und Fig. 4 sind die Linsenmittel vereinfacht dargestellt. Insbesondere sind die Linsenmittel nicht als jeweils zwei voneinander getrennte Substrate mit darin untergebrachten Arrays von zueinander gekreuzten Zylinderlinsen abgebildet. Vielmehr wird ein jedes der Linsenelemente zur Verdeutlichung als ungeteilte oder geteilte plankonvexe Linse dargestellt. Es besteht aber erfindungsgemäß durchaus die Möglichkeit, dass die in Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 4 abgebildeten Strahlengänge durch Linsenmittel erzeugt werden können, die aus zwei oder mehr Substraten mit darin untergebrachten Arrays von Zylinderlinsen oder zylinderähnlichen Linsen bestehen.

Aus Fig. 2 ist schematisch der Strahlengang durch die Abbildungseinheit 3 dargestellt. Dabei ist letztlich nur ein Linsenelement 14 der ersten Linsenmittel 5 und ein Linsenelement 15

der zweiten Linsenmittel 7 dargestellt. Von einem Punkt 16 auf dem Objekt 2 ausgehendes Licht 17 wird durch das Linsenelement 14 der ersten Linsenmittel 5 im wesentlichen kollimiert. Das Linsenelement 14 weist somit im dargestellten Ausführungsbeispiel eine Brennweite auf, die im wesentlichen dem Abstand von Linsenelement 14 zu Objekt 2 entspricht. Das kollimierte Licht 18 trifft auf ein Linsenelement 15 der zweiten Linsenmittel 7 und wird von diesem auf einen Punkt der Erfassungsmittel 1 fokussiert. Auch hierbei entspricht die Brennweite des Linsenelementes 15 etwa dem Abstand zwischen Linsenelement 15 und Erfassungsmittel 1.



Die ersten Linsenmittel 5, 6 und die zweiten Linsenmittel 7, 8 sind insbesondere derart gestaltet und angeordnet, dass jeweils das Licht, das durch eines der Linsenelemente 14 hindurchtritt, auf genau eines der Linsenelemente 15 auftritt und durch dieses hindurchtritt. Auf diese Weise wird eine mehrkanalige Abbildungseinheit 3, 4 geschaffen, bei der zwischen den einzelnen Kanälen kein Übersprechen stattfindet.



Es besteht erfindungsgemäß die Möglichkeit, durch die Wahl der Brennweiten der Linsenelemente 14, 15 zu erreichen, dass beispielsweise Flächen auf dem Objekt 2 mit einer Abmessung von etwa einem Mikrometer auf Flächen auf den beispielsweise als CCD-Chip ausgebildeten Erfassungsmitteln 1 abgebildet werden, die eine Größe von beispielsweise $50\mu\text{m}$ aufweisen. Zu diesem Zweck kann beispielsweise die Brennweite der Abbildungselemente 14 etwa $100\mu\text{m}$ betragen, wohingegen die Brennweite der den Erfassungsmitteln zugewandten Linsenelemente 15 etwa 5 mm betragen kann.

Es besteht erfindungsgemäß die Möglichkeit, bei der ersten Abbildungseinheit 3 die Linsenmittel 5 und/oder die Linsenmittel 7

derart zu gestalten, dass die Auflösung in einer ersten Richtung, beispielsweise der X-Richtung, größer ist als in einer dazu senkrechten zweiten Richtung, beispielsweise der Y-Richtung. Weiterhin besteht erfindungsgemäß die Möglichkeit, bei der zweiten
5 Abbildungseinheit 4 die Linsenmittel 6 und/oder die Linsenmittel 8 derart zu gestalten, dass die Auflösung in der zweiten Richtung, beispielsweise der Y-Richtung, größer ist als in der ersten Richtung, beispielsweise der X-Richtung. Auf diese Weise wird durch das Scannen mit der ersten Abbildungseinheit 3 ein hochauflösendes Bild
10 des Objektes 2 in der ersten Richtung und ein weniger hochauflösendes Bild in der zweiten Richtung erfasst. Durch das daran anschließende Scannen mit der zweiten Abbildungseinheit 4 wird ein hochauflösendes Bild des Objektes 2 in der zweiten Richtung und ein weniger hochauflösendes Bild in der ersten Richtung erfasst.

15 Dies wird noch einmal in Fig. 6a bis Fig. 6e schematisch veranschaulicht. Fig. 6a zeigt beispielhaft ein Objekt 2. Fig. 6b zeigt eine Abbildung, wie sie mit der ersten Abbildungseinheit 3 erzeugt werden kann. Hier ist deutlich ersichtlich, dass die Auflösung in der
20 X-Richtung größer ist als in der Y-Richtung. Fig. 6c zeigt eine Abbildung, wie sie mit der zweiten Abbildungseinheit 4 erzielt werden kann. Auch hier ist deutlich ersichtlich, dass die Auflösung in der zweiten Richtung, nämlich der Y-Richtung, wesentlich größer ist als in der ersten Richtung, nämlich der X-Richtung.

25 Fig. 6d zeigt die Zusammenlegung der Abbildungen, die durch die Abbildungseinheiten 3, 4 erzielt worden sind. Durch diese Zusammenlegung der Abbildungen können die genauen Orte der Punkte des in Fig. 6a abgebildeten Objektes durch die Kreuze genau
30 lokalisiert werden. Aus diesen gesamten Abbildungsdaten, die beispielsweise aus dem CCD-Chip in einen Computer ausgelesen werden können, kann dieser Computer mit entsprechender digitaler

Bildverarbeitung ein Fig. 6e entnehmbares hochaufgelöstes Abbild des in Fig. 6a abgebildeten Objektes schaffen.

Das an Fig. 6a bis Fig. 6e schematisch veranschaulichte Zusammenfassen zweier Abbildungen mit unterschiedlichen Auflösungen gilt auch ganz allgemein für Abbildungseinheiten, die ein unterschiedliches Auflösungsvermögen haben. Dabei muss nicht die erste Abbildungseinheit 3 in einer ersten Richtung ein höheres Auflösungsvermögen aufweisen als in einer zweiten dazu senkrechten Richtung. Weiterhin muss auch nicht die zweite Abbildungseinheit 4 in einer zweiten Richtung ein höheres Auflösungsvermögen aufweisen als in der ersten dazu senkrechten Richtung. Vielmehr reicht es völlig aus, wenn die beiden Abbildungseinheiten 3, 4 ein zueinander unterschiedliches Auflösungsvermögen haben. Trotzdem lässt sich durch das Zusammenlegen der beiden Abbildungen beispielsweise in einem Computer ein vergleichsweise hoch aufgelöstes Abbild des in Fig. 6a abgebildeten Objektes schaffen.

Aus Fig. 3 sind erste Linsenmittel 19 und zweite Linsenmittel 20 einer anderen Ausführungsform einer Abbildungseinheit 21 ersichtlich. Bei dieser Abbildungseinheit 21 sind bei dem ersten Linsenmittel 19 einige oder jedes der Linsenelemente 27 in unterschiedliche Teile 27a, 27b aufgeteilt. Insbesondere können die Linsenelemente 27 in X-Richtung zwei Teile 27a, 27b und/oder in Y-Richtung (in oder aus der Zeichenebene in Fig. 3 hinein oder heraus) zwei Teile umfassen, so dass mehrere oder jedes der Linsenelemente 27 aus zwei oder vier Teilen 27a, 27b bestehen kann.

Durch die insbesondere in zwei oder vier Teile 27a, 27b aufgeteilten Linsenelemente 27 wird das von einem Punkt 16 auf dem Objekt 2 ausgehende Licht 22 in zwei oder vier Teilstrahlen 23, 24 aufgespalten, die sich voneinander entfernen. Diese Teilstrahlen 23,

24 treffen beabstandet zueinander oder zumindest in Teilbereichen beabstandet zueinander auf ein zugehöriges Linsenelement 28 der zweiten Linsenmittel 20 auf und werden von diesem Linsenelement 28 auf unterschiedliche Auftreffpunkte 25, 26 auf den Erfassungsmitteln 1 fokussiert. Die Verschiebung in X-Richtung beziehungsweise in Y-Richtung der Auftreffpunkte 25, 26 auf den Erfassungsmitteln 1 ist abhängig von dem Abstand in Z-Richtung des Punktes 16 von dem Linsenelement 27. Die X- und Y-Koordinaten der Auftreffpunkte 25, 26 auf den Erfassungsmitteln 1 enthalten somit Informationen über die Z-Koordinate des Punktes 16. Auf diese Weise kann mit einer erfindungsgemäßen Erfassungsvorrichtung mit Abbildungseinheiten 21 gemäß Fig. 3 ein dreidimensionales Bild des Objektes 2 erfasst werden.

Auch bei der Ausführungsform gemäß Fig. 3 besteht die Möglichkeit, dass mehrere Abbildungseinheiten 21 vorgesehen sind, die unterschiedliche Auflösungsvermögen in X- und in Y-Richtung aufweisen, so dass erst durch das Vorbeiscannen zweier oder mehr Abbildungseinheiten 21 an dem Objekt 2 ein komplettes hochauflösendes Bild des Objektes 2 beziehungsweise der zu untersuchenden Fläche des Objektes 2 erhalten wird.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 4 sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Insbesondere ist bei der Ausführungsform gemäß Fig. 4 eine Abbildungseinheit 31 mit ersten Linsenmitteln 29 und zweiten Linsenmitteln 30 vorgesehen. Die Linselemente 34 der ersten Linsenmittel 29 sind ebenfalls in X-Richtung und/oder in Y-Richtung zumindest zweigeteilt. In Fig. 4 sind in X-Richtung zwei nebeneinander angeordnete Teile 34a, 34b eines der Linsenelemente 34 eingezeichnet. Die Linsenelemente 34 sind derart gestaltet, dass durch unterschiedliche Teile 34a, 34b hindurch getretene kollimierte Teilstrahlen 32, 33 einander in dem Zwischenraum zwischen den

ersten Linsenmitteln 29 und den zweiten Linsenmitteln 30 kreuzen
und beabstandet zueinander auf die Linsenelemente 35 der zweiten
Linsenmittel 30 auftreffen. Von diesen Linsenmitteln 35 werden die
Lichtstrahlen wiederum auf voneinander beabstandete Auftreffpunkte
5 25, 26 auf den Erfassungsmitteln fokussiert.

Die erfindungsgemäße Erfassungsvorrichtung kann als
hochauflösende Scannvorrichtung in zwei oder drei Dimensionen
verwendet werden. Es besteht jedoch durchaus auch die Möglichkeit,
10 die erfindungsgemäße Erfassungsvorrichtung als konfokales
Mikroskop zu verwenden. Insbesondere kann eine erfindungsgemäße
Erfassungsvorrichtung als mehrkanaliges konfokales Mikroskop
verwendet werden, das zwei- oder dreidimensionale Informationen
über das zu erfassende Objekt gewinnen kann.

Bezugszeichenliste

5	1	Erfassungsmittel
	2	Objekt
	3,4, 21, 31	Abbildungseinheit
	5, 6, 19, 29	erste Linsenmittel
	7, 8, 20, 30	zweite Linsenmittel
10	9, 10	Spiegel
	11, 12	Laserstrahlbündel
	13	Scannrichtung
	14, 27, 34	Linsenelemente der ersten Linsenmittel
	15, 28, 35	Linsenelemente der zweiten Linsenmittel
15	16	Punkt auf dem Objekt
	17, 22	von dem Punkt ausgehendes Licht
	18	kollimiertes Licht
	23, 24, 32, 33	kollimierte Teilstrahlen
	25, 26	Auftreffpunkte auf den Erfassungsmitteln
20	27a, 27b, 34a, 34b	Teile der Linsenelemente der ersten Linsenmittel

Patentansprüche:

1. Erfassungsvorrichtung für die optische Erfassung eines Objektes umfassend

- Erfassungsmittel (1), die das von dem Objekt (2) ausgehende Licht (17, 22) erfassen können;
- mindestens eine Abbildungseinheit (3, 4, 21, 31) umfassend
 - erste Linsenmittel (5, 6, 19, 29) mit einer Mehrzahl in Form eines Arrays angeordneten Linsenelementen (14, 27, 34), durch die von dem Objekt (2) ausgehendes Licht (17, 22) hindurchtreten kann;
 - zweite Linsenmittel (7, 8, 20, 30), die zwischen den ersten Linsenmitteln (5, 6, 19, 29) und den Erfassungsmitteln (1) angeordnet sind und das durch die Linsenelemente (14, 27, 34) hindurchgetretene Licht (18) den Erfassungsmitteln (1) zuführen können;

dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Linsenmittel (7, 8, 20, 30) eine Mehrzahl in Form eines Arrays angeordnete Linsenelemente (15, 28, 35) aufweisen.

2. Erfassungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das durch eines der Linsenelemente (14, 27, 34) der ersten Linsenmittel (5, 6, 19, 29) hindurchgetretene Licht (18) im wesentlichen durch genau eines der Linsenelemente (15, 28, 35) der zweiten Linsenmittel (7, 8, 20, 30) hindurchtritt.

3. Erfassungsvorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 oder nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch

gekennzeichnet, dass die Linsenelemente (14, 15, 27, 28, 34, 35) der ersten und/oder der zweiten Linsenmittel (5, 6, 7, 8, 19, 20, 29, 30) zumindest abschnittsweise eine Zylindergeometrie oder eine zylinderähnliche Geometrie aufweisen.

- 5 4. Erfassungsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch
gekennzeichnet, dass die Linsenelemente (14, 15, 27, 28, 34,
35) der ersten und/oder der zweiten Linsenmittel (5, 6, 7, 8, 19,
20, 29, 30) jeweils durch mindestens zwei Zylinderlinsen oder
10 zylinderähnliche Linsen gebildet werden, wobei vorzugsweise
die Zylinderachsen dieser Zylinderlinsen oder zylinderähnlichen
Linsen einen Winkel von 90° miteinander einschließen.
- 15 5. Erfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungsvorrichtung
weiterhin Scannmittel umfasst, mittels denen die mindestens
eine Abbildungseinheit (3, 4, 21, 31) gegenüber dem Objekt (2)
und/oder gegenüber den Erfassungsmitteln (1) in zumindest
einer Scannrichtung (13) verschiebbar ist.
- 20 6. Erfassungsvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch
gekennzeichnet, dass die Richtung, in der die Linsenelemente
(14, 15, 27, 28, 34, 35) der ersten und/oder der zweiten
Linsenmittel (5, 6, 7, 8, 19, 20, 29, 30) in einem Array
nebeneinander angeordnet sind, einen Winkel ungleich 0°
und/oder 90° mit der mindestens einen Scannrichtung (13)
einschließt.
- 25 7. Erfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungsvorrichtung
mindestens eine erste Abbildungseinheit (3, 21, 31) und
mindestens eine zweite Abbildungseinheit (4) umfasst.

8. Erfassungsvorrichtung nach Anspruch 67, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine erste Abbildungseinheit (3, 21, 31) ein Auflösungsvermögen aufweist, das unterschiedlich zu dem Auflösungsvermögen der mindestens einen zweiten Abbildungseinheit (4) ist.

9. Erfassungsvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine erste Abbildungseinheit (3, 21, 31) in einer ersten Richtung (X) ein höheres Auflösungsvermögen aufweist, als in einer dazu senkrechten zweiten Richtung (Y), wohingegen die mindestens eine zweite Abbildungseinheit (4) in der zweiten Richtung (Y) ein höheres Auflösungsvermögen aufweist, als in der dazu senkrechten ersten Richtung (X).

10. Erfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Auflösungsvermögen der mindestens einen Abbildungseinheit (3, 4, 21, 31) variierbar ist, insbesondere in zwei zueinander senkrechten Richtungen (X, Y) unterschiedlich variierbar ist.

11. Erfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einige der Linsenelemente (27, 28, 34, 35) der ersten und/oder der zweiten Linsenmittel (5, 6, 7, 8, 19, 20, 29, 30) aus mindestens zwei Teilen (27a, 27b, 34a, 34b) bestehen.

12. Erfassungsvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die aus mindestens zwei Teilen (27a, 27b, 34a, 34b) bestehenden Linsenelemente (27, 34) das von einem Punkt (16) des Objektes (2) ausgehende auf sie auftreffende Licht (22) derart in zwei Teilstrahlen (23, 24) aufteilen können, dass die Auftreffpunkte (25, 26) dieser Teilstrahlen (23, 24, 32, 33) auf den Erfassungsmitteln (1)

Aufschluss über die Lage des Punktes (16) in einer zu der Oberfläche des Objektes (2) senkrechten Richtung (Z) geben können.

13. Erfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Scannmittel derart gestaltet sind, dass in einer ersten Scannposition das von einem Punkt (16) des Objekts (2) ausgehende Licht (22) auf einem ersten Auftreffpunkt auf den Erfassungsmitteln (1) auftrifft und dass in einer zweiten Scannposition das von dem gleichen Punkt (16) des Objekts (2) ausgehende Licht (22) auf einem zweiten von dem ersten beabstandeten Auftreffpunkt auf den Erfassungsmitteln (1) auftrifft, wobei die Auftreffpunkte Aufschluss über die Lage des Punktes (16) in einer zu der Oberfläche des Objektes (2) senkrechten Richtung (Z) geben können.

14. Verfahren zum Betrieb einer Erfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Verfahrensschritt ein Objekt (2) mit einer in der Scannrichtung (13) gegenüber dem Objekt (2) verschobenen ersten Abbildungseinheit (3, 21, 31) auf die Erfassungsmittel (1) abgebildet wird und dass in einem zweiten Verfahrensschritt das Objekt (2) mit einer in der gleichen Scannrichtung (13) gegenüber dem Objekt (2) verschobenen zweiten Abbildungseinheit (4) auf die Erfassungsmittel (1) abgebildet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungen mit der ersten Abbildungseinheit (3, 21, 31) und mit der zweiten Abbildungseinheit (4) mit unterschiedlichen Auflösungen durchgeführt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungen mit der ersten Abbildungseinheit (3, 21, 31) und mit der zweiten Abbildungseinheit (4) in zueinander senkrechten Richtungen mit unterschiedlichen Auflösungen durchgeführt werden, wobei durch die erste Abbildungseinheit (3, 21, 31) eine höher auflösende Abbildung in einer ersten Richtung (X) erzielt wird und mit der zweiten Abbildungseinheit (4) eine höher auflösende Abbildung in der zweiten dazu senkrechten Richtung (Y) erzielt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die mit den beiden Abbildungseinheiten (3, 4, 21, 31) nacheinander von den Erfassungsmitteln (1) aufgenommenen Bildinformationen miteinander kombiniert werden, um ein hochaufgelöstes Bild des Objektes (2) zu erhalten.

18. Scannvorrichtung, gekennzeichnet durch eine Erfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

19. Konfokales Mikroskop, gekennzeichnet durch eine Erfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

Zusammenfassung (Fig. 1)

Erfassungsvorrichtung für die optische Erfassung eines Objektes umfassend Erfassungsmittel (1), die das von dem Objekt (2) ausgehende Licht (17, 22) erfassen können, sowie mindestens eine Abbildungseinheit (3, 4, 21, 31) umfassend erste Linsenmittel (5, 6, 19, 29) mit einer Mehrzahl in Form eines Arrays angeordneten Linsenelementen (14, 27, 34), durch die von dem Objekt (2) ausgehendes Licht (17, 22) hindurchtreten kann, und zweite Linsenmittel (7, 8, 20, 30), die zwischen den ersten Linsenmitteln (5, 6, 19, 29) und den Erfassungsmitteln (1) angeordnet sind und das durch die Linsenelemente (14, 27, 34) hindurchgetretene Licht (18) den Erfassungsmitteln (1) zuführen können, wobei die zweiten Linsenmittel (7, 8, 20, 30) eine Mehrzahl in Form eines Arrays angeordnete Linsenelemente (15, 28, 35) aufweisen. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betrieb einer derartigen Erfassungsvorrichtung sowie eine Scannvorrichtung und ein konfokales Mikroskop mit einer derartigen Erfassungsvorrichtung.

BEST AVAILABLE COPY

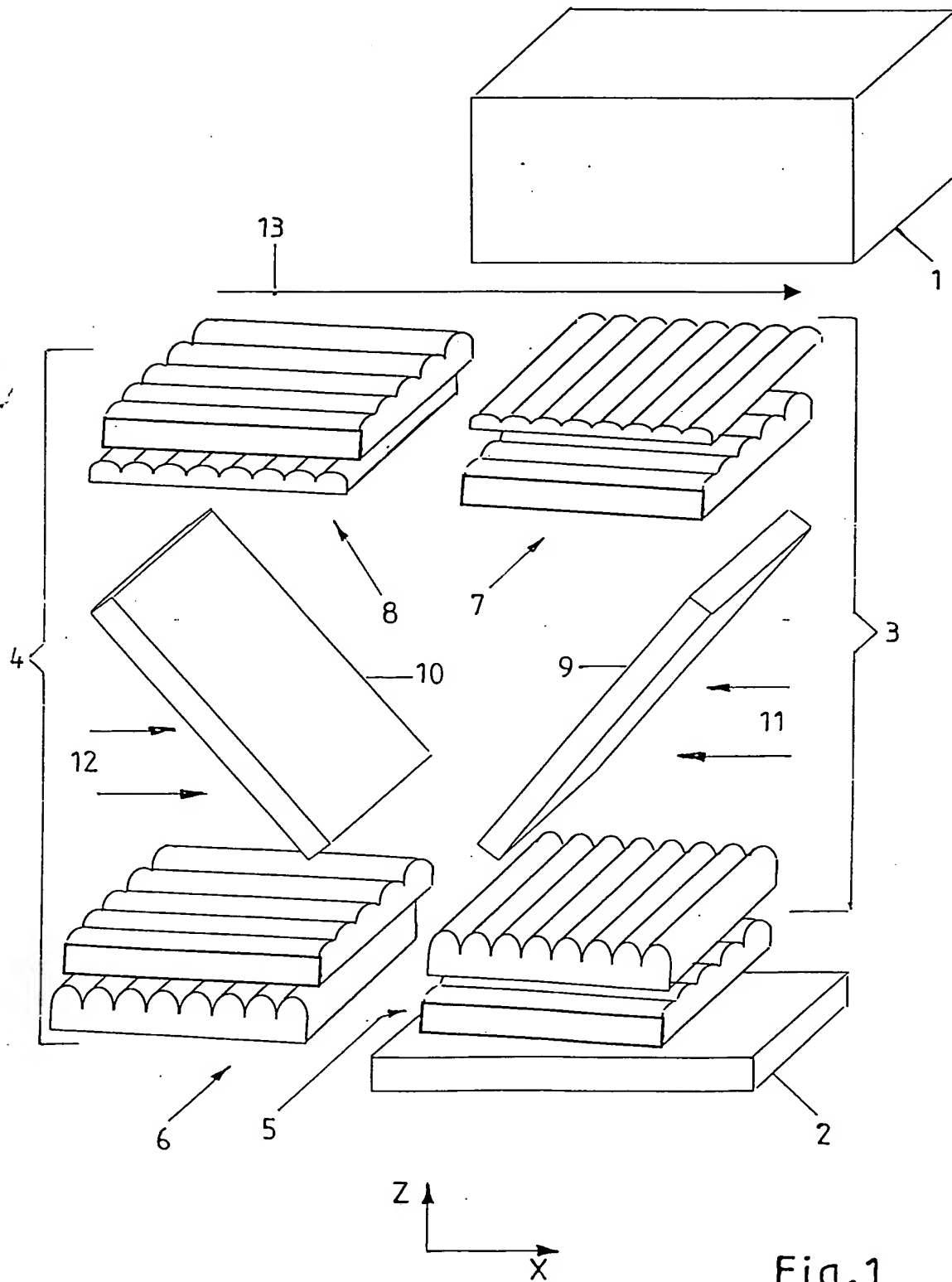


Fig.1

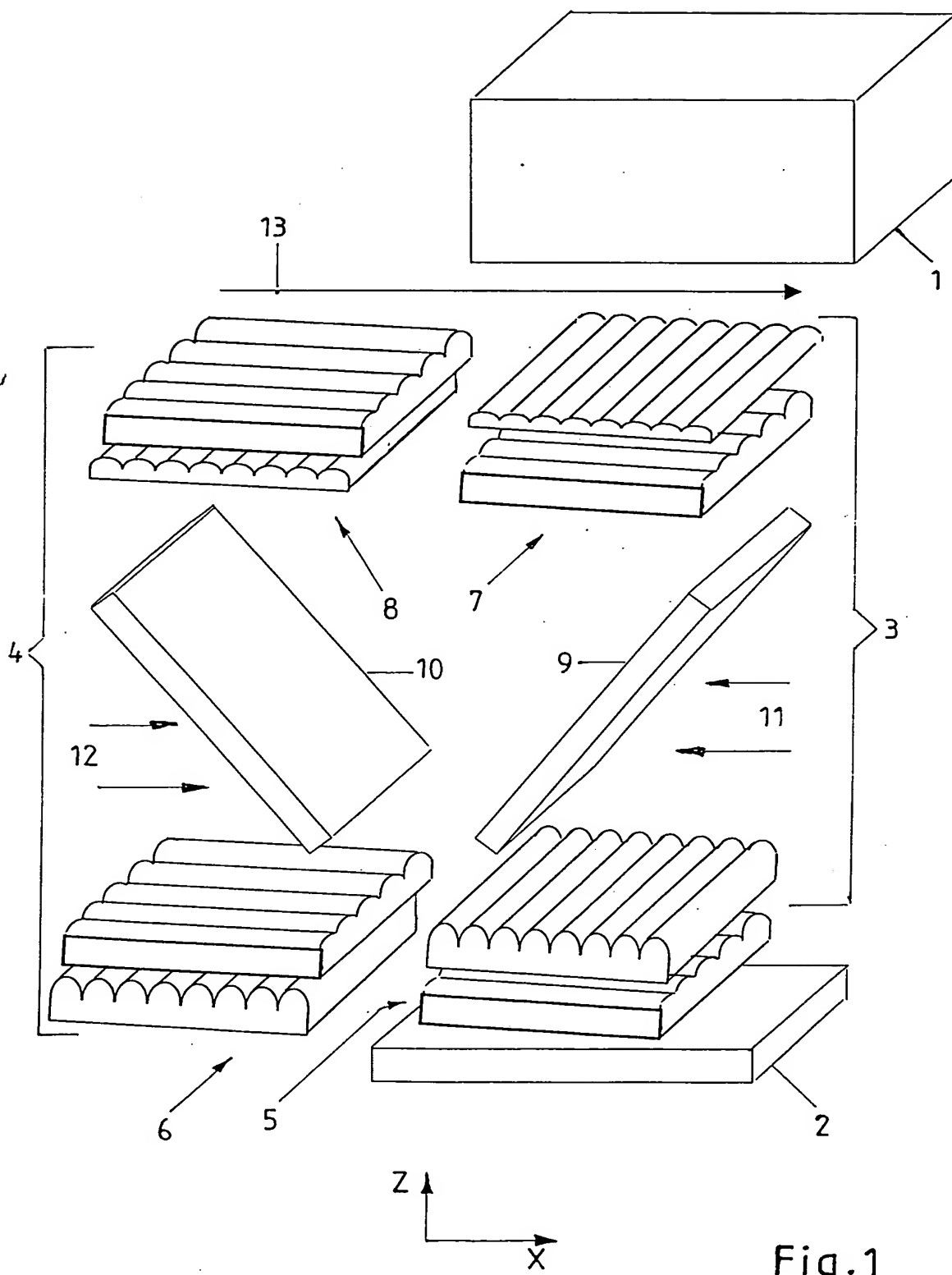


Fig.1

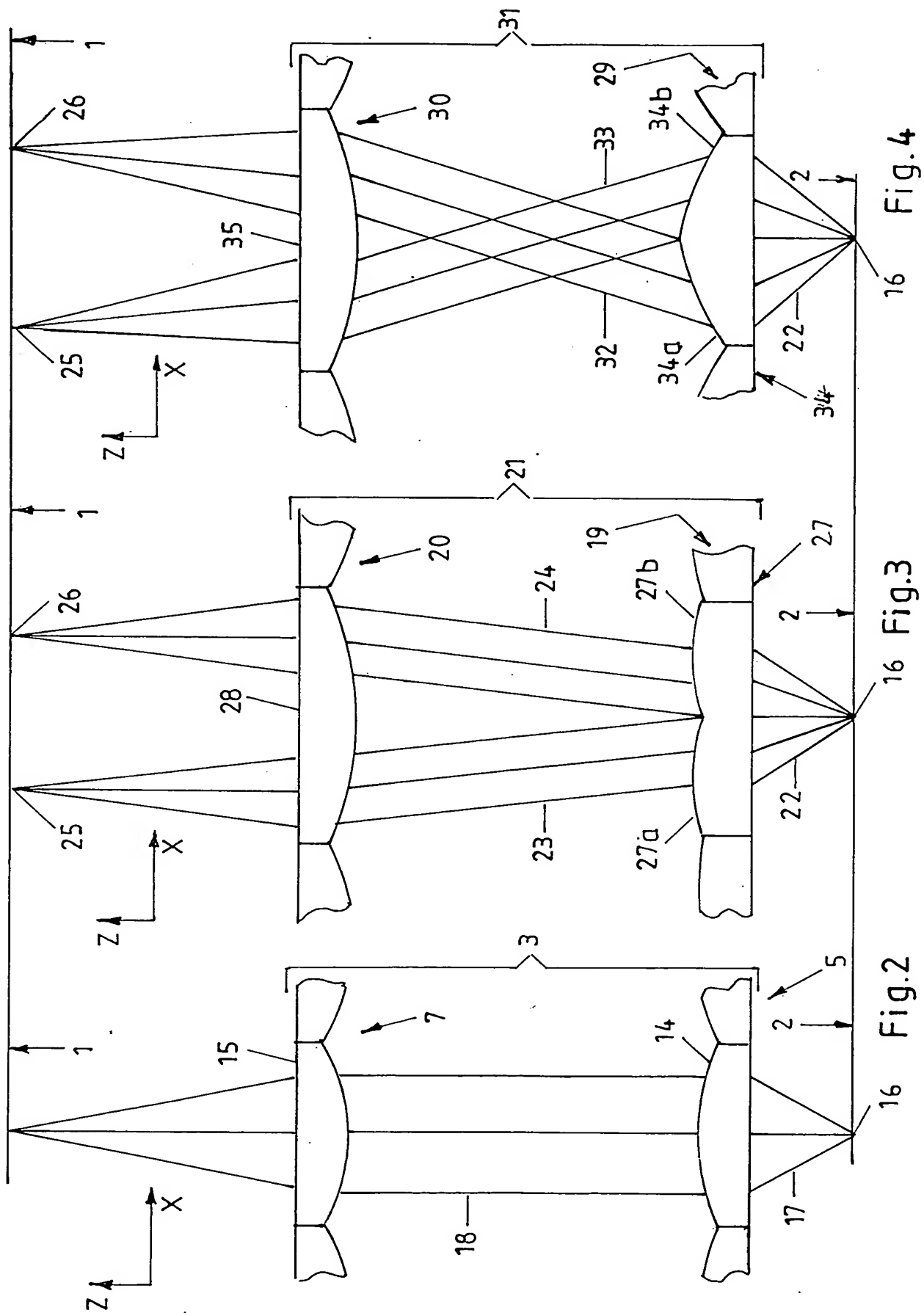


Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5a

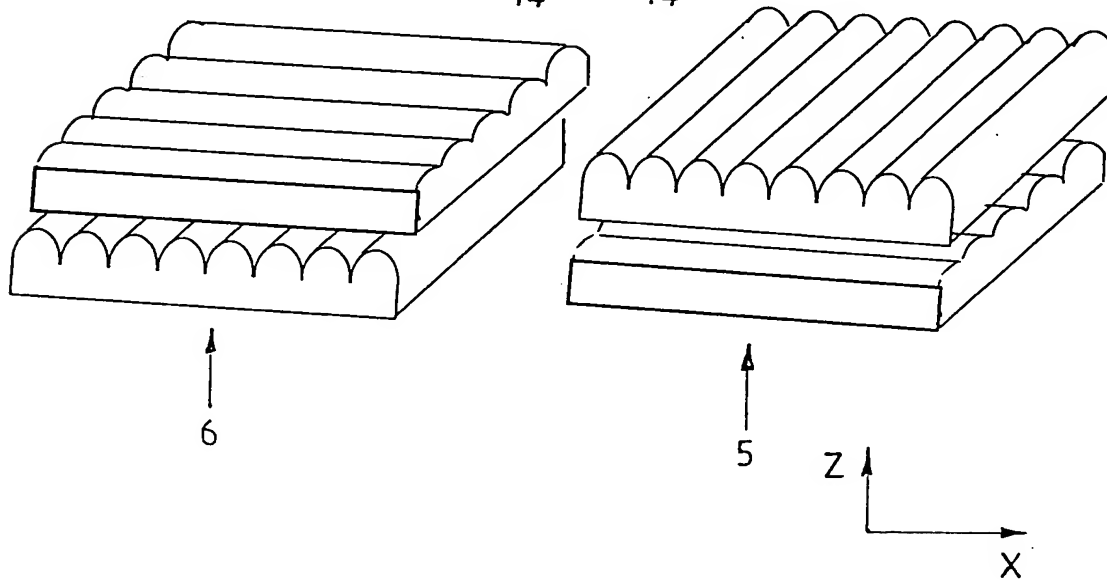
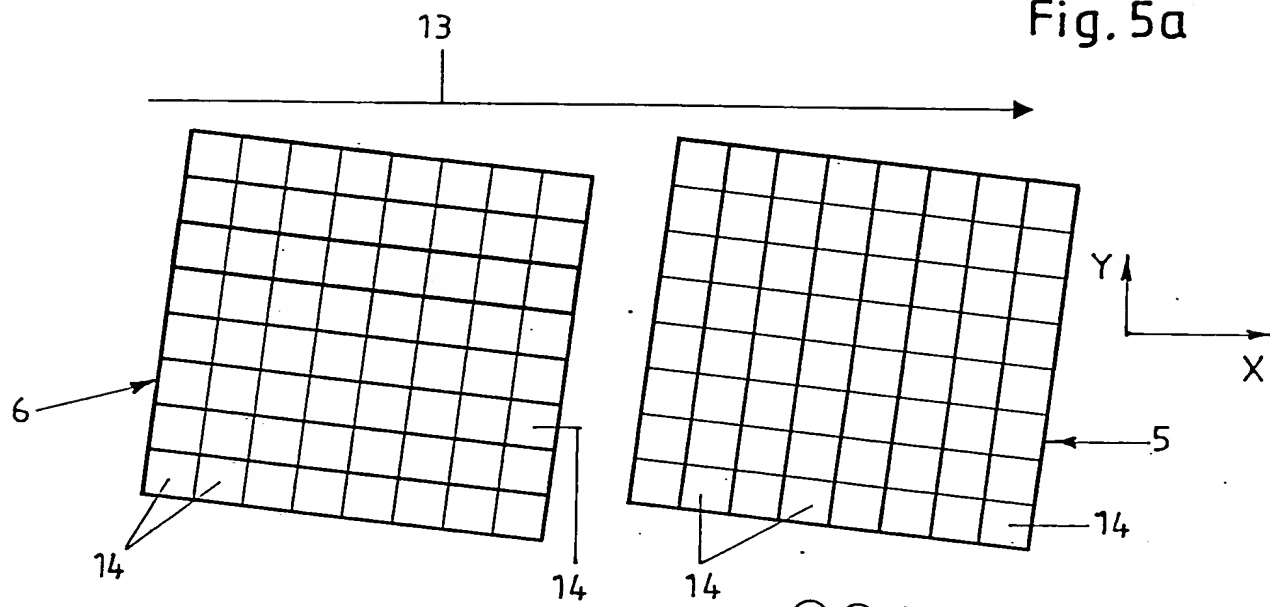


Fig. 5b

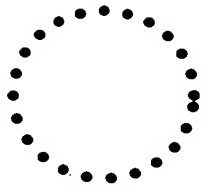


Fig 6a

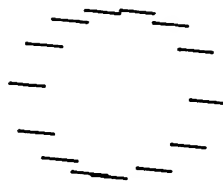


Fig 6b



Fig 6c

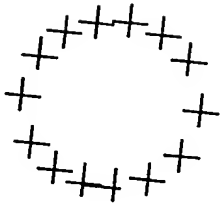


Fig 6d

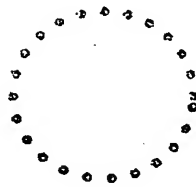


Fig 6e

